Aus der II. Medizinischen Universitäts-Klinik der Charité zu Berlin
(Direktor: Prof. Dr. G. v.. Bergmann)

Zur Frage der Anpassung an den O_2-Mangel im Unterdruck

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des
Medizinischen Doktorgrades
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin
vorgelegt von

Hans Koltze
aus Detmold/Lippe

Tag der Promotion: 3. 3. 1939

Druck: Karl u. Richard Hoffmann, Charlottenburg, Schillerstr. 44

M 498

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Siebeck
Referent: Prof. Dr. Rühl
Korreferent: Prof. Dr. v. Bergmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Zur Frage der Anpassung an den O_2-Mangel im Unterdruck.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550812_0060

In früheren Mitteilungen sind durch Rühl (1, 2) Ergebnisse von Unterdruckkammeruntersuchungen veröffentlicht worden, nach denen bei einer großen Anzahl von Prüflingen an der Flieger-Untersuchungsstelle II der Charité besonders schwere elektrokardiographische Veränderungen (S-T-Depression in Abl. 1 u. 2) gefunden werden konnten. Diese Untersuchungen bezogen sich im wesentlichen auf den Ausfall der ersten Unterdruckkammer-Untersuchungen bei einer bestimmten Aufstiegsart, die später beschrieben wird.

Wir hatten uns jetzt die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, wie weit eine langsamere Art des Aufstiegs, wie sie im Luftfahrtmedizinischen-Forschungsinstitut (3) geübt wird, das Ergebnis der elektrokardiographischen Befunde verändert.

Theoretisch konnte hier erwartet werden, daß die mit dem langsameren Aufstieg gegebene längere Zeitspanne für Kompensation und Höhenumstellung sich auf den Ausfall der elektrokardiographischen Befunde günstig auswirken würde.

Aus der Vornahme wiederholter Unterdruckprüfungen an der gleichen Versuchsperson ergab sich von selbst, auch den Einfluß der Wiederholung als solcher zu prüfen, nachdem insbesondere durch Lottig (5) auf die Bedeutung der wiederholten Untersuchung für die Anpassung an die Bedingungen des Unterdrucks hingewiesen war.

Die besondere Betonung der elektrokardiographischen Befunde ergibt sich hier daraus, daß wir glauben, in den Anoxieveränderungen des Elektrokardiogramms ein objektives Maß für den O_2-Mangel wenigstens in einem Organ, dem Herzmuskel, vor uns zu haben.

Methodik:

Die Untersuchungen wurden durchgeführt an Prüflingen der Flieger-Untersuchungsstelle-II der Charité, wobei besonders darauf Wert gelegt wurde, solche Personen zu untersuchen, bei denen schwere Anoxie-Veränderungen zu erwarten waren. Das sind nach Rühl (1) besonders solche mit erhöhtem Ruheblutdruck. Eine Berücksichtigung der klinischen Befunde im einzelnen würde über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgehen und soll daher unterbleiben. Die Versuche wurden stets zur gleichen Tageszeit, im allgemeinen in einem Abstand von 8 Tagen durchgeführt.

Die Elektrokardiogramme wurden mit einem Siemens-Verstärker-Elektrokardiographen jeweils mit der gleichen Empfindlichkeit aufgenommen. Die Pulsfrequenz wurde aus dem Elektrokardiogramm entnommen, die Blutdruckwerte mit dem Hg-Manometer in Höhe Berlin auskultatorisch, in der Unterdruckkammer wegen des Motorgeräusches palpatorisch, bestimmt. Die diastolischen Werte sind daher nur als Annäherungswerte zu betrachten.

Die Beurteilung des Allgemeinverhaltens wurde in der von Hartmann (6) geübten Weise durchgeführt, mit der Typenbezeichnung I—IV; dabei bedeutet IV = Frühkollaps, die Grenze von II nach III ist durch das Auftreten von Bewußtlosigkeit, die Grenze von I nach II durch das Auftreten cerebraler Störungen überhaupt gegeben.

Beim Elektrokardiogramm wurde wiederum vor allem die Nachschwankung berücksichtigt. Typeneinteilung hier entsprechend Adamaszek (4). Typ 3 = S-T-Depression in Abl. 1 u. 2, Typ 2 = S-T-Depression in Abl. 2 und Typ 1 = S-T-Depression bis zur isoelektrischen Linie. Auftretende Rhythmusstörungen, auf die wir im einzelnen nicht eingehen wollen, sind durch ein R-S mit der Typbezeichnung gekennzeichnet.

In den späteren Tabellen wird Besserung (bzw. Verschlechterung) im Rahmen des gleichen Typs, sowohl was Allgemeinverhalten wie Ekg. anbelangt, mit (+) bzw. (—)

bezeichnet, während + bzw. — Besserung bzw. Verschlechterung um mindestens einen Grad bedeuten.

Die beiden angewandten Aufstiegsarten verliefen wie folgt:

Modus I: Aufstieg bis 5000 m, 5 Minuten Pause, dann Ekg. und Aufstieg bis 6500 m. Hier 10 Minuten Pause mit nachfolgendem Ekg.

Modus II: Aufstieg bis 3000 m, dann 5 Min. Pause. Dann Aufstieg bis 4000 m, 5 Minuten Pause, und Aufstieg auf 5000 m. Hier wiederum 5 Minuten Pause mit nachfolgendem Ekg. Danach weiterer Aufstieg bis 6500 m, 10 Minuten Pause und Ekg., sofern der Versuch nicht vorher wegen schwerer Höhenkrankheitserscheinungen abgebrochen werden mußte.

Bei den Fällen, bei denen nach der II. Aufstiegsart ein besseres elektrokardiographisches Ergebnis erzielt worden war, wurde noch ein dritter Versuch, wieder nach Modus I, durchgeführt. Das war leider nicht in allen derartigen Fällen möglich, wenn die Versuchspersonen aus dienstlichen Gründen nicht zu einem dritten Versuch gestellt werden konnten.

Versuchsergebnisse.

Die folgende Tabelle I bringt nun unter Berücksichtigung der in 6500 m aufgenommenen Elektrokardiogramme eine Uebersicht über unsere verschiedenen Versuche. Aus der Bilanz der Ergebnisse der II. Versuche gegenüber den ersten ist zunächst zu entnehmen, daß im allgemeinen der zweite Versuch ein besseres Ergebnis erkennen läßt. So stehen im Allgemeinverhalten 8 Verbesserungen gegenüber 2 Verschlechterungen, während 8 Ekg. weniger starke, 4 verstärkte Anoxieveränderungen erkennen lassen.

Von den 8 Versuchen mit besserem Ekg. beim II. Aufstieg in der Unterdruckkammer (nach Aufstiegsmodus II) konnten 5 zu einer dritten Untersuchung, wieder nach Modus I, herangezogen werden. Wie die Tabelle zeigt, waren aber auch hier die Ergebnisse meist besser als im I. Versuch.

Nr.	Name	I. Versuch		II. Versuch/I.Vers.			III. Versuch/I. Vers.		
		Allg.-Verh.-Typ	Ekg. Typ	besser	gleich	schlechter	besser	gleich	schlechter
1	Kr.	II	3	2	II				
2	He.	II	2	1	II		I	2	
3	Ly.	I	2	1	I		1	I	
4	Zu.	III	RS_1	I		3	I		3
5	Ol.	IV	RS_1	II 1			I 1		
6	Bl.	I	2	I 1			1	I	
7	Br.	I	3		I 3				
8	Oh.	IV	1	II		3			
9	Sc.	I	1		1	II			
10	Ti.	II	1	1		II			
11	Pa.	I	2	I 1					
12	Gr.	II	3	II		3			
13	Ka.	II	1	I	1				
14	Do.	II	1	I 1					
15	Wa.	IV	2		IV	3			

Bilanz der Tabelle I.

	Zahl des Vers.	+	(+)	±	(−)	−
Vgl. Versuch II/I.						
Allg. Verh.	15	5	3	5	1	1
Ekg.	15	6	2	3	1	3
Vgl. III/I						
Allg. Verh.	5	3	—	2	—	—
Ekg.	5	3	—	1	—	1

Tab. I. Vergleich der verschiedenen Aufstiegsformen für Allgemeinverhalten und Ekg. (Beobachtungsperiode in 6500 m). I. und III. Aufstieg nach der ersten Aufstiegsart, der zweite Versuch mit der II. Aufstiegsart. Typen des Allgemeinverhaltens mit römischen, des Ekg. mit arabischen Ziffern.

Unter Berücksichtigung aller dieser Befunde glauben wir nicht, daß die Art des Aufstiegs für den Grad der Anoxieveränderungen der Höhen-Ekg. von entscheidender Bedeutung ist. Die häufige Besserung ist vielmehr u. E. durch die Wiederholung als solche bedingt, während die Verlängerung der Aufstiegszeit die Regulation der O_2-Versorgung des Herzmuskels nicht wesentlich zu beeinflussen vermag. Somit kommt der Gewöhnung an die Höhe durch wiederholte Aufstiege die ausschlaggebende Rolle zu.

Die Häufung schwerer und schwerster elektrokardiographischer Veränderungen in Tab. I ist wiederum ein Beweis dafür, daß die besondere Gefährdung von Prüflingen mit erhöhtem Ruhe-Blutdruck für die O_2-Versorgung ihres Herzmuskels, für die das Elektrokardiogramm einen Anhalt gibt, entsprechend den Beobachtungen von Rühl (1, 2) bestätigt werden kann. Sie zeigt weiterhin, wie außerordentlich häufig Allgemeinverhalten und Ekg. ein ungleichsinniges Verhalten aufweisen, so daß z. B. schwerste Veränderungen im Ekg. mit einem sehr guten Allgemeinverhalten, oder andererseits ein Frühkollaps nur mit einer T-Abflachung einhergehen kann. Auch kann im Wiederholungsversuch das Allgemeinverhalten besser und das Ekg. schlechter werden.

Verhalten von Blutdruck und Pulsfrequenz.

Die von uns zusammen mit der Ekg.-Registrierung aufgenommenen Blutdruck- und Frequenz-Bestimmungen haben keine wesentlichen Aufschlüsse ermöglicht. Eine Steigerung der Blutdruckwerte kommt bei erhöhtem Ruheblutdruck in Normalhöhe nur selten vor. Auch dann erreichten sie nur wenige mm Hg., können also als belanglos angesehen werden (vgl. Adamaszek).

Die Frequenzsteigerungen sind insofern von Bedeutung, als sie einen erhöhten O_2-Bedarf des Herzmuskels bedingen und deshalb leichter einen O_2-Mangel hervorrufen können. In einem Teil unserer Versuche geht zwar eine Besserung der Frequenz mit einer weniger starken O_2-

Tabelle II. Verhalten von Blutdruck und Puls-Frequenz.

Name	Höhe Berlin Blutdr. u.	Frequ.	5000 m Blutdr. u.	Frequ.	6500 m Blutdr. u.	Frequ.	Typ
Nr. 1 Kr.	145/90	66	—	91	—	130	I.
	140/90	66	—	87	—	109	II.
Nr. 2 He.	155/100	91	155/95	100	160/80	109	I.
	145/100	87	145/90	87	155/87	100	II.
	150/100	71	145/95	100	155/100	105	
Nr. 3 Ly.	150/100	80	160/105	75	160/70	120	I.
	140/90	71	150/90	75	160/85	91	II.
	150/95	66	150/90	105	145/85	100	I.
Nr. 4 Zu.	140/90	60	140/80	87	145/85	50	I.
	135/90	63	145/85	87	155/95	120	II.
	135/75	71	145/80	87	145/80	109	I.
Nr. 5 Oe.	130/85	91	135/85	100	120/70	66	I.
	130/85	80	130/80	91	130/75	92	II.
	120/85	75	120/80	100	130/75	100	I.
Nr. 6 Bl.	135/90	87	140/90	100	145/90	109	I.
	140/90	63	145/90	75	145/90	f.	II.
	125/70	71	125/75	75	130/75	75	III.
Nr 7 Br.	115/70	55	125/70	75	145/80	109	I.
	f.	55	f.	75	f.	109	II.
Nr. 8 Oh	120/75	100	125/70	109	f.	109	I.
	110/70	87	110/65	109	110/60	91	II.
Nr. 9 Sc.	105/75	71	110/75	91	110/70	100	I.
	105/75	91	110/75	87	100/60	100	II.
Nr. 10 Ti.	140/90	55	145/85	87	150/80	100	I.
	140/85	55	140/80	87	155/85	91	II.
Nr. 11 Pa.	145/90	91	150/90	109	160/90	109	I.
	155/105	100	160/100	100	160/95	91	II.
Nr. 12 Gr.	150/90	109	145/85	120	150/75	133	I.
	135/90	91	130/90	109	130/85	133	II.
Nr. 13 Ka.	145/100	75	135/90	100	135/80	100	I.
	145/90	75	140/90	100	135/85	109	II.
Nr. 14 Do.	135/90	87	135/80	100	135/70	100	I.
	135/85	66	130/80	87	135/80	91	II.
Nr. 15 Wa.	150/80	109	150/75	110	170/75	95	I.
	135/85	91	140/80	100	150/80	100	II.

Mangel-Veränderung der Nachschwankung einher, es findet sich jedoch auch das umgekehrte Verhalten, so daß eine einheitliche Erklärung nicht möglich ist (vgl. 1, 4)

Wenn wir zum Schluß zu der möglichen praktischen Auswertung unserer Befunde Stellung nehmen, so ergibt sich vor allem die große Bedeutung des wiederholten Höhenaufstiegs zur Erreichung einer bestmöglichen Anpassung an die Höhe. Geschwindigkeit und Art des Aufstiegs treten demgegenüber an Bedeutung zurück.

Auch für die Praxis von Tauglichkeitsuntersuchungen in der Unterdruckkammer kommt nach unseren Beobachtungen dem wiederholten Unterdruck-Kammer-Versuch unter Berücksichtigung des elektrokardiographischen Befundes besondere Wichtigkeit zu.

Zusammenfassung.

1. An den gleichen Versuchspersonen werden Unterdruckkammer-Versuche mit verschiedener Aufstiegsart durchgeführt. Dabei war bei langsamerem Aufstieg eine Besserung sowohl der elektrokardiographischen Befunde wie des Allgemeinverhaltens festzustellen.
2. Dieses bessere Ergebnis ist jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit auf den wiederholten Aufenthalt im Unterdruck als solchen zurückzuführen. Auch Wiederholung der Versuche mit unverändertem Aufstiegsmodus ergab meist Besserung der Befunde.
3. Allgemeinverhalten und Elektrokardiogramm werden durch die Höhe wechselnd beeinflußt.
4. Bestimmungen von Blutdruck und Pulsfrequenz ergaben bei verschiedenen Versuchen keine wesentlichen Unterschiede.
5. Die praktische Bedeutung der Befunde wird besprochen.

Herrn Prof. Dr. Rühl habe ich für Ueberlassung des Themas sowie seine Anleitung bei Anlage und Abfassung der Arbeit zu danken.

Die Unterdruckkammeruntersuchungen wurden zusammen mit Herrn Dr. Kühn durchgeführt, dem Verfasser für seine Mitarbeit zu danken hat.

Literatur.

1. Rühl, Zeitschr. f. Kreislaufforschung, 30. Jg. H. 11, 1938. —
2. Rühl, Luftfahrtmedizinische Abhandlungen 1938.
3. Strughold, ebenda, H. 4, 1936/37.
4. Hartmann, Hans, ebenda, H. 1, 1936.
5. Lottig, ebenda, 1, S. 65—71, 1936/37.
6. Hartmann, Dieter' ebenda, i. Dr.
7. Adamaszek, ebenda, i. Dr.

Lebenslauf

Ich, Hans K o l t z e , wurde am 8. Mai 1911 zu Detmold/Lippe als Sohn des prakt. Arztes Gottlieb K o l t z e und seiner Ehefrau Margarete geb. L i n d r u m geboren. Nach 3-jährigem Besuch der Mittelschule in Minden/Westf. besuchte ich das Gymnasium ebendort. Die Klassen /Unter- und Oberprima erledigte ich an dem ev. stift. Gymnasium zu Gütersloh/Westf. Dort bestand ich im Jahr 1931 das Abitur. Nach 2semestrigem Studium an der Universität Würzburg 1931/32 belegte ich Sommer- und Wintersemester 1932/33 an der Universität Bonn. Von dort ging ich wieder nach Würzburg zurück und bestand am Ende des Wintersemesters 1933/34 das med. Vorexamen. Während des Sommersemesters 1934 ließ ich mich beurlauben und famulierte bis Oktober 1934 am Mindener Krankenhaus. Am 1. 11. 34 trat ich als Fahnenjunker (i. San. Korps) in die Wehrmacht ein, um dann das vorgeschriebene halbe Jahr bei der Truppe abzudienen. Zur gleichen Zeit belegte ich an der Universität Münster.

Die letzten 4 klinischen Semester hörte ich an den Universitätskliniken der Universität Berlin, wo ich am 21. Juli 1937 das med. Staatsexamen bestand. Während meines praktischen Jahres war ich 6 Monate zur II. Med. Klinik der Charité kommandiert worden, weitere 3 Monate war ich an der Univ. Kinderklinik der Charité und während der letzten 3 Monate an der Univversitäts Frauenklinik der Charité tätig.